

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-199984

(43)Date of publication of application : 27.07.1999

---

(51)Int.Cl.

C22C 38/00

C22C 38/38

C22C 38/58

---

(21)Application number : 10-014995

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 09.01.1998

(72)Inventor : YAMAGUCHI MASAHIKO  
IWATANI JIRO

---

(54) HIGH STRENGTH STEEL SHEET EXCELLENT IN GAS CUTTING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high strength steel sheet capable of obtaining a good cut face free from the sticking of dross at the time of gas cutting.

SOLUTION: The viscosity of a molten iron alloy  $\mu\text{Fe}$  at 1550°C is regulated to  $\leq 6$  cP, and the viscosity of molten oxide  $\mu\text{Ox}$  produced at the time of oxidizing the molten iron alloy at the same temp. is regulated to  $\leq 150$  cP. Furthermore, in the case elemental symbols in the following each formula denote each containing wt.% of the same elements, the value of the following formula I is regulated to  $\leq 4.3$ , the value of the following formula II is regulated to  $\leq 4.6$ , and the value of the following formula III is regulated to 1 to 9: the formula I= $5-0.5-0.2(\text{Si}+\text{Mn})-3.4\text{P}-8.5\text{Al}+\text{Ti}+1.2\text{Nb}+0.3(\text{Cr}+\text{Mo})+2.7\text{V}$ , the formula II= $1.8\text{Al}+1.6\text{Si}+1.7(\text{Ti}+\text{Nb}+\text{V})+2.1\text{Cr}$ , and the formula III= $\text{Mn}/\text{Si}$ .

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1]A high intensity steel plate viscosity  $\mu_{Ox}$  of oxide melt generated when viscosity  $\mu_{Fe}$  of a molten iron alloy at 1550 °C oxidized a molten iron alloy at 6 or less cP and the temperature excelled [ steel plate ] in blowout nature which is 150 or less cP.

[Claim 2]A high intensity steel plate in which a value of the following formula 1 excelled [ value / of 4.3 or less and the following formula 2 ] in blowout nature indicated to 4.6 or less and claim 1 whose values of the following formula 3 are 1-9 when the symbol of element in following each formula showed content weight % of the element.

Formula 1= $5-0.5C-0.2(Si+Mn)-3.4P-8.5 \text{ aluminum}+Ti+1.2Nb+0.3(Cr+Mo)+2.7V$  type 2= $1.8\text{aluminum}+1.6Si+1.7(Ti+Nb+V)+2.1Cr$  type 3= $Mn/Si$  [Claim 3]At weight %, it is C : 0.02 to 0.30%, Si:0.01-3.00%, Mn:0.50-3.00%, P:0.15% or less, aluminum: A high intensity steel plate excellent in blowout nature indicated to claim 1 which contains 0.01 to 0.07% and consists of the remainder Fe and inevitable impurities, or 2.

[Claim 4]Less than Ti:0.25%, Nb : 0.25% or less, B:0.005% or less, Cu: Less than 1.0%, less than nickel:0.5%, less than Cr:1.0%, Mo: A high intensity steel plate excellent in blowout nature indicated to claim 3 which contains one sort or two sorts or more from 0.6% or less and V:0.4% or less of inside.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which an invention belongs] This invention relates to the high intensity steel plate excellent in blowout nature.

[0002]

[Description of the Prior Art]In recent years, in the auto industry, the high intensity steel plate is used from a viewpoint of safety reservation of the weight saving of the body and the crew member at the time of a collision for fuel consumption improvement. The greatest problem at the time of putting the steel plate of such high intensity in practical use is that cutting is very difficult. An increasingly difficult tendency has especially the application of the shearing method that uses the mechanical power in which it is used from the former in performing the cut processing at the time of removal of the point back end at the time of steel plate manufacture, or the blank manufacture by a user, and the drilling process to mold goods with high intensity-ization of a steel plate. Such a tendency is the same not only in the high intensity steel plate for cars but the high intensity steel plate for shipbuilding.

[0003]As what is replaced with the shearing method, a groove has in material melting and the blowing-out method removed and cut with thermal energies (chemical reaction heat, arc heat, an electron, plasma beam heat, laser-beam heat, etc.). According to this method, unlike the shearing method, cutting of a high intensity thick material steel plate is possible. And it has many strong points -- curve-like cutting is easy and initial plant-and-equipment investment can be suppressed.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, by the blowing-out method, since dross (mixture of molten metal and oxide melt) adheres to a cut edge easily, the appearance of mold goods is spoiled remarkably, or when the exfoliation is difficult, removal of dross takes a

serious labor. When adhesion of this dross is remarkable, it becomes impossible at the time of closed contour cutting dissociating a cutting piece by re-welding. Even when adhesion of dross is slight, the fall of cutting accuracy is not avoided. For this reason, when applying the blowing-out method, prevention of dross adhesion is indispensable.

[0005]About prevention of dross adhesion, although the improvement is tried by rationalizing blowout conditions, such as a kind of gas used at the time of blowout, an input calorie, and cutting speed, conventionally, the preventive measures from the field of a raw material have not come to be established. For this reason, under the present circumstances, Dross Flea at the time of blowout is not attained.

[0006]This invention provides the high intensity steel plate which was made in view of this problem and does not have dross adhesion at the time of blowout and in which a good cutting plane is acquired.

[0007]

[Means for Solving the Problem]According to this invention persons' observation, in the case of blowout, since the blowout conditions are unsuitable, dross flows out of a front face of cutting into back or the side, without being discharged caudad, and dross adheres to a cut edge of a steel plate at the board rear face in order to solidify as it is, a surroundings lump and.

Therefore, if secession nature from a board rear face is good even if it obtains with dross and flows into back or the side, it will be \*\*\*\*(ed) that the adhesion does not take place.

[0008]Then, this invention persons pay their attention to viscosity considered to affect secession nature from a board rear face most, As a result of measuring viscosity in an elevated temperature about various oxides which will be generated at the time of various iron alloys and blowout and investigating a relation about them and dross adhesion nature, when both viscosity became below a specific value, the knowledge of dross adhesion not happening at all was carried out. As a result of analyzing the viscosity of a molten iron alloy and oxide melt, and a relation of each element in detail, in satisfying the below-mentioned formula 1 - the formula 3, said viscosity can be secured, and it finds out that dross adhesion can be prevented thoroughly, and completes the following invention.

[0009]That is, an invention concerning claim 1 is a high intensity steel plate in which viscosity  $\mu_{Ox}$  of oxide melt generated when viscosity  $\mu_{Fe}$  of a molten iron alloy at 1550 °C oxidized a molten iron alloy at 6 or less cP and the temperature has the characteristic of 150 or less cP.

[0010]An invention concerning claim 2 is a high intensity steel plate in which a value of 4.3 or less and the following formula 2 requires a value of the following formula 1 for 4.6 or less and claim 1 whose values of the following formula 3 are 1-9, when the symbol of element in following each formula shows content weight % of the element.

Formula 1= $5-0.5C-0.2(Si+Mn)-3.4P-8.5 \text{ aluminum}+Ti+1.2Nb+0.3(Cr+Mo)+2.7V$  type 2= $1.8\text{aluminum}+1.6Si+1.7(Ti+Nb+V)+2.1Cr$  type 3= $Mn/Si$  [0011]An invention concerning claim

3 is weight %, and C:0.02 to 0.30%, Si: 0.01-3.00%, Mn:0.50-3.00%, P:0.15% or less, aluminum: It is the high intensity steel plate excellent in blowout nature indicated to claim 1 which contains 0.01 to 0.07% and consists of the remainder Fe and inevitable impurities, or 2. [0012]Further an invention concerning claim 4 as an ingredient Less than Ti:0.25%. Nb: Less than 0.25%, B:0.005% or less, less than Cu:1.0%, less than nickel:0.5%, less than Cr:1.0%, Mo: It is the high intensity steel plate indicated to claim 3 which has one sort or two sorts or more from 0.6% or less and V:0.4% or less of inside.

[0013]About viscosity  $\mu\text{Fe}$  of said molten iron alloy, and viscosity  $\mu\text{Ox}$  of oxide melt, if  $\mu\text{Fe}$  or  $\mu\text{Ox}$  also exceeds said upper limit, viscosity of dross will go up and adhesion at the board rear face will come to occur.

[0014]As a result of applying regression analysis in quest of relation between content weight of various constituent elements, and coating weight of dross, viscosity of a molten iron alloy, It is decided by a synthetic combination of an element to which the viscosity of fused iron is changed among various elements which form a steel plate, That  $\mu\text{Fe}$  in 1550 °C will come to exceed 6cP if a value of said formula 1 exceeds 4.3, and adhesion of dross comes to occur, and viscosity of oxide melt, A synthetic thing of a high element of oxide organization potency for which viscosity  $\mu\text{Ox}$  in 1550 °C will also come to exceed 150cP, and adhesion of dross will come to generate it if it combines, and it can do and a value of a ball and said formula 2 exceeds 4.6 became clear among various elements which form a steel plate. since a multiple oxide of a high-melting point becomes is easy to be generated also when the formula 3 in which oxide organization potency shows a ratio of high Mn and Si especially exceeds less than 1 and 9, adhesion of dross occurs and translates too -- it becomes. Content of each element in the formula 1 and the formula 2 is not indispensable, and when it contains, it means that the content is taken into consideration.

[0015]Tensile strength a high intensity steel plate of this invention More than  $60\text{kgf}/\text{mm}^2$ . Especially a suitable ingredient of a high intensity steel plate which has the intensity more than  $80\text{kgf}/\text{mm}^2$  although it is a thing more than  $80\text{kgf}/\text{mm}^2$  and an effect is large is as having indicated to claims 3 and 4, and explains a reason for ingredient limitation below.

[0016]C:0.02 to 0.30%C is an important element which governs tensile strength of a steel plate, and in order to obtain martensitic structure, it needs at least 0.02% of addition. From a viewpoint of raising intensity, since [ many ] toughness and weldability will deteriorate remarkably if 0.30% is exceeded although it is moderate, the maximum is made into 0.30%.

[0017]Si: 0.01 to 3.00%Si is an element indispensable as a deoxidizing element besides intensity reservation of a steel plate, and at least 0.01% is required to acquire the effect. On the other hand, the maximum is made into 3.00%, in order for generating of a scale in a hot rolling process to become remarkable and to degrade a surface disposition of a steel plate, if too large.

[0018]Mn: 0.50 to 3.00%Mn is an element indispensable for intensity reservation, and at least 0.50% is required to acquire the effect. Since toughness and weldability will deteriorate remarkably if 3.00% is exceeded, the maximum is made into 3.00%.

[0019]P: 0.15% or less P makes a maximum 0.15% in order to check weldability, if it adds too much exceeding 0.15%.

[0020]aluminum: As a deoxidizing element, 0.01%, although 0.01 to 0.07%aluminum is required, if 0.07% is exceeded, it will form an alumina cluster and the deoxidation effect is not only saturated, but it will degrade a surface disposition.

[0021]Although a suitable ingredient of a high intensity steel plate concerning this invention consists of the remainder Fe and inevitable impurities besides the above-mentioned fundamental component, In order to raise the mechanical property of a steel plate furthermore, if needed Less than Ti:0.25%, Nb: Less than 0.25%, B:0.005% or less, less than Cu:1.0%, less than nickel:0.5%, less than Cr:1.0%, Mo: One sort or two sorts or more can be contained from 0.6% or less and V:0.4% or less of inside. These elements have the operation which improves intensity and toughness of a steel plate. Since it will come to spoil toughness and weldability of a steel plate remarkably if a maximum of each elemental content is exceeded, it stops to content below each upper limit.

[0022]

[Example]Hot-rolling, pickling, cold rolling, and annealing were given to the slab of the presentation shown in Table 1, and the steel plate (board thickness: 2.0 mm) which has the tensile strength shown in the table was manufactured. About each steel plate, while measuring the viscosity of a molten iron alloy and oxide melt by the following measuring method, plasma cutting and laser cutting were performed by the following condition, and dross adhesion nature was investigated in the following way. Those results are combined with Table 1 and shown.

[0023](1) The sample started from measuring method \*\* molten iron alloy each viscous steel plate was heated and fused at 1550 \*\* in inactive gas, and viscosity  $\mu\text{Fe}$  of the molten iron alloy was measured by the crucible rotational-vibration method. When a crucible rotational-vibration method hangs and carries out rotational vibration of the container which filled the melt sample with a catenary, it is a thing using decreasing vibration gradually for the viscous resistance of the sample in a container, and is the method of measuring the logarithmic decrement and the oscillation period of this damped oscillation, and calculating the viscosity of a sample from these measured value.

It is mainly used for measurement of hypoviscosity.

[0024]\*\* Heat melting of the sample started from the oxide melt steel plate was carried out to 1550 \*\* in the atmosphere or oxygen enrichment atmosphere, it was oxidized enough, the oxide extracted at this time was reheated and fused at 1550 \*\* in inactive gas, and viscosity

$\mu$ Ox of oxide melt was measured with the rotating cylinder method. A rotating cylinder method is a method of rotating a cylinder with fixed angular velocity in a melt sample, measuring the angular moment by the viscosity which acts on a solid of revolution then, and calculating the viscosity of a sample from the measured value.

[0025](2) Intercept method \*\* plasma cutting plasma cutting applied the exhaust air plasma process which uses air as working gas, and performed it by the cutting current 10A and cutting speed 0.1 m/min.

[0026]\*\* Laser cutting laser cutting was performed by the laser output 900W and cutting speed 4 m/min, using carbon dioxide laser as a laser source.

[0027](3) Polish removal of the dross adhering to the measuring method cut section both sides of the amount of dross adhesion was carried out, and the coating weight per 1 m of cut length was calculated from the weight differences before and behind the removal.

[0028]

[Table 1]

鋼種	化 学 成 分 (wt%, 残部: 実質的にFe)						式 1	式 2	式 3	引張強さ kgf/mm <sup>2</sup>	溶融粘度		溶断方法 種類	下以付量 g/n	備考	
	C	Si	Mn	P	Al	Ti					μFe cP	μOx cP				
No.							そ の 他									
1	0.17	0.45	2.00	0.005	0.040	0.049		4.1	3.1	4.4	151	5.2	121.4	P	0	*
2	0.15	0.40	1.90	0.010	0.040	0.051		4.1	2.9	4.8	144	5.2	116.8	"	0	*
3	0.13	0.45	1.90	0.005	0.040	0.050		4.2	3.0	4.2	125	5.4	117.5	"	0	*
4	0.17	1.40	2.00	0.015	0.040	—		3.8	4.5	1.4	103	5.1	145.6	"	0	*
5	0.14	0.20	1.70	0.015	0.027	—		4.3	2.2	8.5	83	5.9	148.0	"	0	*
6	0.11	0.36	2.10	0.006	0.040	0.007	Nb-0.025, V-0.035	4.2	3.1	5.8	152	5.4	123.3	"	0	*
7	0.09	0.44	1.78	0.005	0.039	—	B-0.0003, Cu-0.31 Ni-0.29	4.2	2.7	4.0	153	5.4	112.5	"	0	*
8	0.12	0.45	1.85	0.005	0.040	—	NI-0.45	4.1	2.8	4.1	152	5.2	116.7	"	0	*
9	0.10	0.41	1.79	0.006	0.038	—	Cr-0.30, Mo-0.28	4.3	3.3	4.4	161	5.8	134.2	"	0	*
10	0.17	0.45	2.00	0.005	0.040	0.049		4.1	3.1	4.4	151	5.2	121.4	L	0	*
11	0.23	0.35	0.45	0.013	0.045	—		4.3	1.1	1.3	78	5.8	89.6	P	0	*
21	0.10	0.40	1.78	0.009	0.037	0.115	Nb-0.065, B-0.0020	4.4	3.0	4.5	135	5.5	119.3	P	87	
22	0.11	0.44	0.65	0.004	0.050	0.039	Cr-0.29, Mo-0.25	4.5	2.2	1.5	124	5.9	103.2	"	119	
23	0.15	1.33	2.66	0.011	0.034	0.092	B-0.0012	3.9	5.3	2.0	137	5.1	172.1	"	72	
24	0.17	1.38	2.15	0.011	0.044	0.157	B-0.0056	4.0	4.8	1.6	149	5.2	156.3	"	53	
25	0.20	1.25	0.94	0.005	0.040	0.050		4.2	3.2	0.8	151	5.3	162.4	"	67	
26	0.15	0.17	1.82	0.015	0.027	—		4.2	2.3	10.7	87	5.3	169.4	"	89	

(注) 式 1 = 5-0.5C-0.2(Si+Mn)-3.4P-8.5Al+11.1.2Nb+0.3(Cr+Mo)+2.7V、式 2 = 1.8Al+1.6Si+1.1Mn+1.7(Ti+Nb+V)+2.1Cr、  
式 3 = Mn/Si、溶断方法種類… P: プラスマ切断、L: レーザ切断、備考…\*: 発明例

[0029]When sample No. 1-11 which are sample No. 21, and 22 and the example which are comparative examples are compared from Table 1, it turns out that dross adhesion can be remarkably controlled only after viscosity  $\mu\text{Fe}$  of a molten iron alloy is within the limits of this



invention, and the value of the formula 1 can attain the viscosity  $\mu_{Fe}$  or less by 4.3. It turns out that there is no adhesion of dross in a cut edge, and the outstanding blowout nature is obtained from No. 10 of the example of an invention, and other examples of an invention in the case of blowout as long as this invention is satisfied, even if an intercept method is different.

[0030] If No. 1-11 are compared with sample No. 23-26 which are a comparative example, Dross adhesion can be remarkably controlled only after viscosity  $\mu_{Ox}$  of oxide melt is within the limits of this invention, and it turns out that the value of the formula 3 can moreover attain the viscosity for the first time within the limits of 1-9 or less by 4.6 in the value of the formula 2.

[0031]

[Effect of the Invention] Since the good cutting plane which does not have dross adhesion at the time of blowout is acquired according to the high intensity steel plate of this invention, steel plate manufacture or processing to a product configuration becomes easy, and improvement in large productivity or expansion of a product use can be aimed at.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-199984

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月27日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>		識別記号	F I
C 2 2 C	38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00 3 0 1 Z
	38/38		38/38
	38/58		38/58
審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 6 頁)			
(21) 出願番号	特願平10-14995		
(22) 出願日	平成10年(1998) 1月9日		
(71) 出願人	000001199 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号		
(72) 発明者	山口 雅彦 兵庫県加古川市金沢町1番地 株式会社神戸製鋼所加古川製鉄所内		
(72) 発明者	岩谷 二郎 兵庫県加古川市金沢町1番地 株式会社神戸製鋼所加古川製鉄所内		
(74) 代理人	弁理士 本田 ▲龍▼雄		

## (54) 【発明の名称】 溶断性に優れた高強度鋼板

## (57) 【要約】

【課題】 溶断時にドロス付着のない、良好な切断面が得られる高強度鋼板を提供する。

【解決手段】 1550℃における溶融鉄合金の粘度 $\mu_{Fe}$ が6 cP以下、同温度で溶融鉄合金を酸化した際に生成した溶融酸化物の粘度 $\mu_{Ox}$ が150 cP以下の特性を有する。また、下記各式中の元素記号が同元素の含有重量%を示すとき、下記式1の値が4.3以下、下記式2の値が4.6以下、下記式3の値が1～9である。

$$\text{式1} = 5 - 0.5C - 0.2(Si + Mn) - 3.4P - 8.5Al + Ti + 1.2Nb + 0.3(Cr + Mo) + 2.7V$$

$$\text{式2} = 1.8Al + 1.6Si + 1.7(Ti + Nb + V) + 2.1Cr$$

$$\text{式3} = Mn / Si$$

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 150℃における溶融鉄合金の粘度 $\mu$  Feが6 cP以下、同温度で溶融鉄合金を酸化した際に生成した溶融酸化物の粘度 $\mu_0$ が150 cP以下である溶断性に優れた高強度鋼板。

【請求項2】 下記各式中の元素記号が同元素の含有重量%を示すとき、下記式1の値が4.3以下、下記式2の値が4.6以下、下記式3の値が1~9である請求項1に記載した溶断性に優れた高強度鋼板。

$$\text{式1} = 5 - 0.5C + 0.2(Si + Mn) - 3.4P - 8.5Al + Ti + 1.2Nb + 0.3(Cr + Mo) + 2.7V$$

$$\text{式2} = 1.8Al + 1.6Si + 1.7(Ti + Nb + V) + 2.1Cr$$

$$\text{式3} = Mn/Si$$

【請求項3】 重量%で、C : 0.02~0.30%、Si : 0.01~3.00%、Mn : 0.50~3.00%、P : 0.15%以下、Al : 0.01~0.7%を含有し、残部Feおよび不可避的不純物からなる請求項1又は2に記載した溶断性に優れた高強度鋼板。

【請求項4】 さらに、Ti : 0.25%以下、Nb : 0.25%以下、B : 0.005%以下、Cu : 1.0%以下、Ni : 0.5%以下、Cr : 1.0%以下、Mo : 0.6%以下、V : 0.4%以下のうちから1種又は2種以上を含有する請求項3に記載した溶断性に優れた高強度鋼板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明が属する技術分野】 本発明は溶断性に優れた高強度鋼板に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、自動車業界においては、燃費向上のため車体の軽量化や、衝突時の乗員の安全性確保の観点から高強度鋼板が使用されている。このような高強度の鋼板を実用化する際の最大の問題点は、切断が極めて困難なことである。特に、鋼板製造時の先後端の除去、あるいはユーザーでの素板製造時における切断加工や成形品への穴あけ加工を行うにあたっては、従来から用いられている機械的な力を利用するせん断法の適用は、鋼板の高強度化と共にますます難しい傾向にある。このような傾向は、自動車用高強度鋼板に限らず、造船用高強度鋼板においても同様である。

【0003】 せん断法に代わるものとして、熱エネルギー（化学反応熱、アーク熱、エレクトロン、プラズマビーム熱およびレーザービーム熱など）により材料を溝状に溶融、除去して切断する溶断法がある。この方法によれば、せん断法とは異なり高強度厚肉鋼板の切断が可能である。しかも、曲線状の切断が容易であり、また初期設備投資を抑えることができるなど、多くの長所を有す

る。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、溶断法では切断線にドロス（溶融金属と溶融酸化物の混合物）が付着しやすいため、成形品の外觀を著しく損ねたり、その剥離が困難な場合にはドロスの除去に大変な努力を要する。また、このドロスの付着が著しい場合には、閉曲線切断時に再溶着によって切断片が分離不能となる。さらに、ドロスの付着が軽度の場合でも、切断精度の低下は避けられない。このため、溶断法の適用に際しては、ドロス付着の防止が不可欠である。

【0005】 ドロス付着の防止については、従来、溶断時の使用ガスの種類、入熱量、切断速度などの溶断条件を適正化することで改善が試みられているが、素材の面からの防止対策が確立されるに至っていない。このため、現状では溶断時のドロス・フリーが達成されていない。

【0006】 本発明はかかる問題に鑑みながら、従来の溶断時にドロス付着のない、良好な切断面が得られる高強度鋼板を提供するものである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明者らの観察によれば、溶断の際に鋼板の切断線にドロスが付着するのは、溶断条件が不適切なために、ドロスが切断前面から下方に排出されずに、後方あるいは側方に流出し、板裏面に回り込み、そのまま凝固するためである。従って、ドロスがたとえ後方あるいは側方に流出しても、板裏面からの離脱性が良好ならば、その付着は起こらないことが推測される。

【0008】 そこで、本発明者らは、板裏面からの離脱性に最も影響を及ぼすと考えられる粘性に着目し、種々の鉄合金および溶断時に生成するであろう種々の酸化物について高温での粘度を測定し、それらとドロス付着性についての関係を調査した結果、両者の粘度が特定値以下になるとドロス付着は全く起こらないことを知見した。さらに、溶融鉄合金および溶融酸化物の粘性と各元素の関係を詳細に解析した結果、後述の式1~式3を満足する場合には、前記粘度を確保することができ、ドロス付着を完全に防止できることを見出し、下記の発明を完成したものである。

【0009】 すなわち、請求項1にかかる発明は、150℃における溶融鉄合金の粘度 $\mu$  Feが6 cP以下、同温度で溶融鉄合金を酸化した際に生成した溶融酸化物の粘度 $\mu_0$ が150 cP以下の特性を有する高強度鋼板である。

【0010】 また、請求項2にかかる発明は、下記各式中の元素記号が同元素の含有重量%を示すとき、下記式1の値が4.3以下、下記式2の値が4.6以下、下記式3の値が1~9である請求項1にかかる高強度鋼板である。

3

式1=5-0.5C-0.2(Si+Mn)-3.4P-8.5Al+Ti+1.2Nb+0.3(Cr+Mo)+2.7V

式2=1.8Al+1.6Si+1.7(Ti+Nb+V)+2.1Cr

式3=Mn/Si

【0011】また、請求項3にかかる発明は、重量%で、C:0.02~0.30%、Si:0.01~3.00%、Mn:0.50~3.00%、P:0.15%以下、Al:0.01~0.07%を含有し、残留Feおよび不可避の不純物からなる請求項1又は2に記載した溶解性に優れた高強度鋼板である。

【0012】また、請求項4にかかる発明は、成分として、さらにTi:0.25%以下、Nb:0.25%以下、B:0.005%以下、Cu:1.0%以下、Ni:0.5%以下、Cr:1.0%以下、Mo:0.6%以下、V:0.4%以下のうちから1種又は2種以上を有する請求項3に記載した高強度鋼板である。

【0013】前記溶融鉄合金の粘度 $\mu$ Feと溶融酸化物の粘度 $\mu$ Oxについては、 $\mu$ Fe、 $\mu$ Oxのいずれか一方でも前記上限値を超えると、ドロスの粘度が上がり、板裏面への付着が発生するようになる。

【0014】種々の成分元素の含有重量とドロスの付着量との関係を求めて回帰分析を行った結果溶融鉄合金の粘度は、鋼板を形成する種々の元素のうち溶融鉄の粘性を変化させる元素の総合的な組み合わせで決まり、前記式1の値が4.3を超えるとき1550℃での $\mu$ Feが6pPaを越えるようになり、ドロスの付着が発生するようになること、および溶融酸化物の粘度は、鋼板を形成する種々の元素のうち酸化物形成能の高い元素の総合的な組み合わせで決まり、前記式2の値が4.6を越えるとき1550℃での粘度 $\mu$ Oxも150pPaを越えるようになり、ドロスの付着が発生するようになることが明らかになった。また、酸化物形成能が特に高いMnとSiの比を示す式3が、1未満あるいは9を越える場合も、高融点の複合酸化物が生成されやすくなるため、やはりドロスの付着が発生しやすくなる。なお、式1、式2中の各元素の含有は必須ではなく、含有する場合にその含有量が考慮されることを意味する。

【0015】本発明の高強度鋼板は、引張強度が60kgf/mm<sup>2</sup>以上、特に80kgf/mm<sup>2</sup>以上のもので効果が大きい、80kgf/mm<sup>2</sup>以上の強度を有する高強度鋼板の好適な成分は請求項3および4に記載したとおりであり、以下に成分限定理由を説明する。

【0016】C:0.02~0.30%  
Cは鋼板の引張強さを支配する重要な元素であり、マルテンサイト組織を得るためには、少なくとも0.02%の添加を必要とする。強度を高める観点からは多い程良いが、0.30%を超えると、靱性・溶接性が著しく劣化するため、その上限を0.30%とする。

4

【0017】Si:0.01~3.00%

Siは鋼板の強度確保のため脱炭元素として必須の元素であり、その効果を得るには少なくとも0.01%は必要である。一方、多すぎると熱間圧延工程におけるスケールの発生が著しくなり、鋼板の表面性状を劣化させるため、その上限を3.00%とする。

【0018】Mn:0.50~3.00%

Mnは強度確保のために必須の元素であり、その効果を得るには少なくとも0.50%は必要である。3.00%を越えると靱性と溶接性が著しく劣化するため、その上限を3.00%とする。

【0019】P:0.15%以下

Pは0.15%を超えて過剰に添加すれば溶接性を悪化させるため、上限を0.15%とする。

【0020】Al:0.01~0.07%

Alは脱炭元素として0.01%は必要であるが、0.07%を越えると脱炭効果が飽和するのみならず、アルミナクラスターを形成して表面性状を劣化させる。

【0021】本発明にかかる高強度鋼板の好適な成分は上記基本成分のほか、残留Feおよび不可避の不純物からなるが、さらに鋼板の機械的特性を向上させるために、必要に応じて、Ti:0.25%以下、Nb:0.25%以下、B:0.005%以下、Cu:1.0%以下、Ni:0.5%以下、Cr:1.0%以下、Mo:0.6%以下、V:0.4%以下のうちから1種または2種以上を含有することができる。これらの元素は鋼板の強度と靱性を高める作用を有する。各元素含有量の上限を越えると、鋼板の靱性と溶接性を著しく損なうようになるので、各上限値以下の含有に止める。

【0022】

【実施例】表1に示す組成の鋼片に熱間圧延、酸洗、冷間圧延、焼鈍を施し、図表に示す引張強さを有する鋼板(板厚:2.0mm)を製造した。各鋼板について、下記の測定法で溶融鉄合金、溶融酸化物の粘性を測定するとともに、下記条件でブラズマ切断、レーザー切断を行い、下記要領でドロス付着性を調査した。それらの結果を表1に併せて示す。

【0023】(I) 粘性の測定法

①溶融鉄合金

各鋼板から切り出した試料を、不活性ガス中で1550℃に加熱、溶融し、るつぽ回転振動法にて溶融鉄合金の粘度 $\mu$ Feを測定した。るつぽ回転振動法は、流体試料を満たした容器を懸垂線ですりて回転振動させると、容器中の試料の粘性抵抗のために振動は次第に減衰することを利用したもので、この減衰振動の対数減衰率と振動周期を測定し、これらの測定値から試料の粘度を求める方法であり、主に低粘度の測定に用いられるものである。

【0024】②溶融酸化物

鋼板から切り出した試料を、大気中または酸素富化雰囲気

気中で1550℃に加熱溶解して十分酸化させ、この時に採取した酸化物を不活性ガス中で1550℃に再加熱、溶解し、回転円筒法にて溶融酸化物の粘度 $\eta_{0x}$ を測定した。回転円筒法は、融体試料中で円筒を一定の角速度で回転させ、その時回転体に作用する粘性による回転モーメントを測定し、その測定値から試料の粘度を求める方法である。

【0025】(2) 切断法

#### ④プラズマ切断

プラズマ切断は動作ガスとして空気をを用いるエアブラズマ法を適用し、切断電流10A、切断速度0.1m/min

nで行った。

#### 【0026】②レーザー切断

レーザー切断はレーザー源として炭酸ガスレーザーを用い、レーザー出力900W、切断速度4m/minで行った。

#### 【0027】(3) ドロス付着量の測定法

切断部両側に付着したドロスを研磨除去し、その除去前後の重量差から、切断長1m当たりの付着量を求めた。

#### 【0028】

【表1】

鋼種	化 学 成 分 (wt%, 残部: 調整質にFにE)						式1	式2	式3	引張強さ kgf/mm <sup>2</sup>	溶融粘度 μPa·s		溶断方法 種類	溶断温度 g/n		
	C	Si	Mn	P	Al	Ti					そ の 他	μPa·s			μPa·s	
1	0.17	0.45	2.00	0.005	0.040	0.049		4.1	3.1	4.4	151	5.2	121.4	P	0	*
2	0.15	0.40	1.90	0.010	0.040	0.051		4.1	2.9	4.8	144	5.2	116.8	"	0	*
3	0.13	0.45	1.90	0.005	0.040	0.050		4.2	3.0	4.2	125	5.4	117.5	"	0	*
4	0.17	1.40	2.00	0.015	0.040	—		3.8	4.5	1.4	103	5.1	145.6	"	0	*
5	0.14	0.20	1.70	0.015	0.027	—		4.3	2.2	8.5	83	5.9	148.0	"	0	*
6	0.11	0.36	2.10	0.006	0.040	0.007	Nb:0.025, V:0.035	4.2	3.1	5.8	152	5.4	123.3	"	0	*
7	0.09	0.44	1.78	0.005	0.039	—	B:0.0003, Cu:0.31 Ni:0.29	4.2	2.7	4.0	153	5.4	112.5	"	0	*
8	0.12	0.45	1.85	0.005	0.040	—	Ni:0.45	4.1	2.8	4.1	152	5.2	116.7	"	0	*
9	0.10	0.41	1.79	0.006	0.038	—	Cr:0.30, Mo:0.28	4.3	3.3	4.4	161	5.8	134.2	"	0	*
10	0.17	0.45	2.00	0.005	0.040	0.049		4.1	3.1	4.4	151	5.2	121.4	L	0	*
11	0.23	0.35	0.45	0.073	0.045	—		4.3	1.1	1.3	78	5.8	89.6	P	0	*
21	0.10	0.40	1.78	0.009	0.037	0.115	Nb:0.005, B:0.0020	4.4	3.0	4.5	135	5.5	119.3	P	0	87
22	0.11	0.44	0.65	0.004	0.050	0.039	Cr:0.29, Mo:0.25	4.5	2.2	1.5	124	6.9	103.2	"	119	
23	0.15	1.33	2.66	0.011	0.034	0.032	B:0.0012	3.9	5.3	2.0	137	5.1	172.1	"	72	
24	0.17	1.33	2.15	0.011	0.044	0.157	B:0.0055	4.0	4.8	1.6	149	5.2	156.3	"	53	
25	0.20	1.25	0.94	0.005	0.040	0.050		4.2	3.2	0.8	151	5.3	162.4	"	67	
26	0.15	0.17	1.82	0.015	0.027	—		4.2	2.3	10.7	87	5.3	169.4	"	89	

(注) 式1=5-0.5C-0.2(SiMn)-3.4P-8.5Al(H+Ti)-2Nb+0.3(CrCuMo)+2.7V, 式2=1.8Al+1.6Si+1.1Ti+0.1Nb+1.7(C+H+V)+2.1Cr,  
式3=Mn/Si, 溶断方法: 熱割断…P; プラズマ切断, L; レーザ切断, 溶断…\*: 焼明肉

(注) 式1=5-0.5C-0.2(Si+Mn)-3.4P-8.5Al+11Ti, 2Nb+0.3(Cr+Mo)+2.7V, 式2=1.8Al+1.6Si+1.1Mn+1.7(Ti+Nb+V)+2.1Cr, 式3=Mn/Si, 溶断方法種類…P: プラスマ切断, L: レーザ切断, 備考…\*: 発明例

【0029】表1から、比較例である試料No. 21、22と実施例である試料No. 1～11を比べると、溶融鉄合金の粘度μFeが本発明の範囲内において初めてドロス付着を著しく抑制することができ、その粘度μFeは式1の値が4、3以下で達成できることがわかる。なお、発明例のNo. 10と他の発明例から、切断法が相違しても、本発明を満足する限り、溶断の際に切断線にドロスの付着はなく、優れた溶断性が得られていることがわかる\*50

\*8。

【0030】また、比較例である試料No. 23～26とNo. 1～11を比べると、溶融酸化物の粘度μOxが本発明の範囲内において初めてドロス付着を著しく抑制することができ、その粘度は式2の値が4、6以下でしかも式3の値が1～7の範囲内で初めて達成できることがわかる。

【0031】

【発明の効果】本発明の高強度銅板によれば、溶断時に  
ドロス付着のない良好な切断面が得られるため、銅板製

造あるいは製品形状への加工が容易となり、大福な生産  
性の向上あるいは製品用途の拡大を図ることができる。